

**Untersuchung des Farbensinns
mit pseudoisochromatischen Tafeln**

von

Christoph Brohr

aus München

1970

Aus der Klinik für Augenkrankheiten der

Universität Erlangen-Nürnberg

Direktor: Prof. Dr. Schreck

Untersuchung des Farbensinns mit pseudoisochromatischen Tafeln

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

Vorgelegt von

Christoph Brohr

aus München

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. H. Valentin

Referent: Professor Dr. Siebeck

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Februar 1970

Untersuchungen des Farbensinns mit projizierten pseudoisochromatischen Tafeln

Unter den Sinnesempfindungen ist das Farbensehen sicher eines der interessantesten Probleme. In den letzten Jahrzehnten hat die Prüfung des Farbsehens immer mehr an Bedeutung gewonnen. Das hängt damit zusammen, daß die Kenntnis auf dem Gebiet der Farbe zugenommen hat und daß die Farbe im täglichen Leben viel mehr und vielseitiger verwendet wird. Damit sind die Ansprüche an das Farbumscheidungsvermögen erheblich gestiegen. Mit der ständigen Zunahme des Verkehrs auf Schienen und Straßen wachsen im Zusammenhang mit der Verwendung farbiger Signale die Anforderungen an das menschliche Farbsehen. Auch in der Industrie (z.B. farbige Kabel in der Elektroindustrie) findet die Farbe eine immer häufigere Anwendung zum Zwecke der Kennzeichnung. In den letzten Jahren hat durch die stürmische Entwicklung der Farbphotographie und des Farbfernsehens die Bedeutung des Farbensinns noch zugenommen und damit das Interesse am normalen und gestörten Farbsehens.

Die erste Anregung zur Untersuchung von Farbensinnstörungen verdanken wir, wie JULIA BELL berichtet, PLATO (in THEAETETUS) - sie stammt wahrscheinlich von HERAKLIT -, der feststellte, daß die einzelnen Farben nicht allen Leuten gleich erscheinen. Etwas später bezeichnet ARISTOTELES die Farbe als Phänomen des Lichtes. (JULIA BELL). Bis in das 17. Jahrhundert waren das die einzigen Beiträge zu dem Phänomen Farbe.

Erst 1684 berichtet Dr. TURBERVILLE aus Salzburg von einem Fall einer vermutlich erworbenen Farbensinnstörung bei einer Magd, 22 oder 23 Jahre alt, die zwar gut sehen, aber keine Farben außer weiß und schwarz unterscheiden konnte. 4 Jahre später beschreibt ROBERT BOYLE als letzter in diesem Jahrhundert eine farbenblinde Person. Erst im Jahre 1777 finden wir einen unzweifelhaften Fall einer angeborenen vererbten Farbenblindheit. HUDDART berichtet von einem 4-jährigen Kind, namens Harris, dem auffiel, daß es nicht wie andere Kinder die Kirschen am Baum auf Grund der Farbe, sondern nur nach ihrer Größe und Form von den Blättern unterscheiden konnte. Zwei seiner Brüder hatten eine ähnliche Störung.

1778 wurde ein anderer Fall einer angeborenen vererbten Farbenblindheit von SCOTT beschrieben, der selbst farbenblind war. Er konnte kein grün sehen, rosa und blasses blau waren für ihn gleich; ein volles rot und grün konnte er ebensowenig unterscheiden. Seine Schwester, sein Vater, ihre 2 Söhne und ein Glied im mütterlichen Stamm waren ebenfalls farbenblind. Diese Berichte wurden zwar veröffentlicht, fanden aber kaum Beachtung. Richtig wurde das Interesse zweifellos erst 16 Jahre später von dem Chemiker DALTON (1794 - 1798) geweckt, der selbst auch farbenblind war. Er war der erste, der das Farbensehen anderer Menschen, seiner Schüler nämlich, mittels verschiedenfarbiger Fäden testete. Von da an nannten die französischen und spanischen Autoren eine Farbensinnstörung DALTONISME oder DALTONISSMO. Heute wird der von Sir DAVID BREWSTER vorgeschlagene, etwas unglückliche Ausdruck "Farbenblindheit" noch weitgehend benutzt. Manche sprechen hingegen von DYSCHROMATOPSIE (Franzosen) oder von Farbensinnstörung (Deutsche).

Im Jahre 1811 erkannte WARDROPE den Mangel an Rot- und Grünempfindung bei den allgemeinen Formen der Dichromaten, während HERSCHEL 1833 zuerst den Ausdruck "dichromatisches Sehen" vorschlug. Möglicherweise 1829, sicher aber 1837 las SEEBECK die einschlägige Literatur und beschrieb selbst ein Dutzend farbenfehlsichtiger Personen. Er führte die Testmethode ein, bei der man Garn von verschiedener Farbe vergleichen mußte. Er war der erste, der zwischen Protanopen und Deutanopen unterschied. Es dauerte fast ein Jahrhundert, bis die eigentümliche familiäre Vererbung der Farbensinnstörung erkannt, und SCOTT'S und HUDDART'S Stammbäume anerkannt wurden. 1876 veröffentlichte HORNER einen ausgedehnten Stammbaum von Deutanopen, in dem er die Art der Vererbung aufzeigte, lange vor der Entdeckung der Mendelschen Gesetze. 1911 erkannte WILSON, daß die HORNER'schen und WILSON'schen Gesetze ähnliche Situationen beschrieben haben, und folgte der Auffassung MORGAN's, daß die für die Farbensinnstörung verantwortlichen Gene auf dem Geschlechtschromosom lokalisiert sein könnten. Im Jahre 1877 erfand und veröffentlichte STILLING die ersten pseudoisochromatischen Tafeln für die Entdeckung von Farbensinngestörten, die ja heute noch mit Verbesserungen weit verbreitet sind. Lord RALEIGH

zeigte 1881, daß monochromatisches gelbes Licht, ausgesandt von Na mit einer Wellenlänge von 589nm, vollständig mit einer Mischung von einer bestimmten Portion monochromatischen Rotlichts (535nm) gleichgemacht werden kann. Die Formel, die die Anteile an gelbem, rotem und grünem Licht darstellt, ist als sogenannte RALEIGH-Gleichung bekannt. Er fand auch einige Dichromaten, die für ihre Gleichung sehr unterschiedliche Anteile an rot und grün nahmen und ihr Urteil alle auf den Helligkeitsunterschied gründeten. Die Großzahl der Trichromaten erkannte hingegen nur ein bestimmtes rot-Grüngemisch an. Andere jedoch, die anomalen Trichromaten, gebrauchten mehr Grün-(Deuteranomale) oder mehr Rotanteile (Protanomale) als die Mehrheit, um Gleichheit mit dem Gelblicht zu erzielen. Auf den Versuchen von Lord RALEIGH beruht das Anomaloskop, das 1907 erstmals von Nagel konstruiert wurde. Angeborene Tritanopie wurde zum ersten Mal von KÖNIG beschrieben, während einzelne Vererbungsfälle erst 1952 von WRIGHT entdeckt wurden. Der vollständig autosomale Erbgang wurde dann 1955 von Kalmus festgestellt. Rezessivgeschlechtsgebundene Fälle wurden bereits 1925 von Engeking entdeckt.

Problematik der Untersuchung mittels Projektor

Unter den klinischen Methoden zur Untersuchung des Farbensinns nehmen die pseudoisochromatischen Tafeln ISHIHARA'S eine führende holle ein. Es wurden zahlreiche, vergleichende Untersuchungen von ISHIHARA-Tafeln und anderen Tafelserien, wie z.B. den Tafeln von NAGEL, STILLING, HARDY-RAND-RITTLER, DWORINE, RABKIN, TMC, BOSTRÖM-KUGELBERG (TRENDELENBURG? VIERLING, HEINSIUS, FREY, KISSING, und EIDELMANN, WHITE, APPEL, MAJAMA, AWAYA und TANABE, WATANABE, KRONE, SUDA, KETTESY, BELCHER, GREENSHILD und WRIGHT) durchgeführt, und die Verfasser dieser Arbeiten kommen ausnahmslos zu dem Schluß, daß die ISHIHARA-Tafeln gegenüber anderen Tafeln sehr gut abschneiden. Die Tafeln sind zuverlässig, ihre Anwendung ist einfach und beansprucht einen minimalen Zeitaufwand (KISSING und EIDELMANN; MILES benötigte für 25 Prüflinge 1 Stunde). Die Unabhängigkeit vom Formensinn (Tafeln mit Schlangenlinien) ist ideal gelöst

(HEINSIUS). Sie eignen sich besonders gut für Massenuntersuchungen zum Aussieben von Farbensinngestörten, besonders die Tafel 11 (SUDA). Die Ergebnisse sind gegenüber anderen Tafeln wesentlich zufriedenstellender. (MAJAMA, AWAYA und TANABE, JENUCHI). WHITE hält die ISHIHARA-Tafeln vielleicht für die besten, aber auch noch verbesserungsbedürftig. Manche glauben sogar, nach längerer praktischer Arbeit mit I-Tafeln, auf das Anomaloskop verzichten zu können (ONRAY, RENE ET PAUL J. PETIT). An Hand einer Statistik weisen NAKAJIAMA, ISHIKAWA und NAKAGAWA nach, daß die Tafeln 10 bis 18 von ISHIHARA am besten abschneiden. Es zeigte sich jedoch weiterhin, daß es eine Reihe von Farbenuntüchtigen gibt, die bei der Untersuchungsmethode als farbenuntüchtig durchschlüpfen, in Wirklichkeit aber (beim Vergleich mit anderen Untersuchungsmethoden) eine Farbensinnstörung zeigen müßten. Dieses Ergebnis widerlegen J. BELCHER, GREENSHIELD und WRIGHT, die 462 Farbennormale mit den pseudoisochromatischen Tafeln von ISHIHARA, DWORINE, BOSTRÖM und HAKDY-RAND-KITTLER untersuchten. Dabei schlüpfte bei ISHIHARA nur eine Person durch, während bei den anderen Tafelserien bis zu 4 Personen durchschlüpfen. Sehr wenig Verfasser vertreten die Ansicht, daß die ISHIHARA-Tafeln zur Untersuchung schlecht geeignet sind (bei KETTESEY schneiden von 7 Tafelserien die ISHIHARA-Tafeln am schlechtesten ab.) JENNINGS und APPEL bemängeln, daß die Tafeln leicht auswendig zu lernen sind.

Die Feststellung, daß die ISHIHARA-Tafeln allein nicht genügen, um eine quantitative Diagnose zu stellen, sondern letzten Endes einer Überprüfung mittels des NAGEL'schen Anomaloskops bedürfen, (SCHMIDT, HEINSIUS und FREY) fand ich auch bei meinen Untersuchungen. Steht das Anomaloskop nicht zur Verfügung, so soll zumindestens mit 2 Tafelserien untersucht werden. Dies vor allem, um keine anomalen Trichromaten unerkannt zu lassen, aber auch im Hinblick auf die Möglichkeit der Dissimulation. In dieser Beziehung ist die Verwendung von Proben, die weniger gebräuchlich sind, am Platze (FREY). Der differentialdiagnostische Wert der ISHIHARA-Tafeln wird von den Autoren sehr verschieden beurteilt. KONDO glaubt, mit den I-Tafeln eine ziemlich genaue Diagnose stellen zu können. Er legt den Hauptwert auf Tafel 12 und 13 (bei der

von mir benutzten Auflage Tafel 16 und 17), an denen Deuteranope und Deuteranomale höheren Grades nur die linke Ziffer, Protanope und Protanomale höheren Grades nur die rechte Ziffer lesen können, geringgradige Prot- und Deuteranomale lesen meist wie Normale beide Ziffern. Auch I. SCHMIDT legt für die Unterscheidung der Proto- und Deuteroformen die Art der Fehler an den Tafeln 12 und 13 (Tafel 16 und 17) fest. Die Tafel 12 wird allerdings von einigen Trichromaten nicht immer richtig als 26, sondern als 28 oder 23 gelesen. Die gleiche Leseart findet man bei manchen deuteranomalen und deuteranopen Subdichromaten. Wird auf Tafel 13 (bzw. Tafel 17) eine 12 gelesen, so ist es schwer zu sagen, ob es sich um einen Prototyp oder Deuterotyp handelt, da auch einige Deuterotypen, die 4 für eine 1 lesen. Werden aber auf beiden Tafeln beide Ziffern richtig gelesen, so kann man sich danach richten, welche von beiden als deutlich heller empfunden wird. Wird auf beiden Tafeln nichts oder beide falsch gelesen, so ist keine Differentialdiagnose möglich. Bei meinen Untersuchungen kam ich zu ähnlichen Ergebnissen. Der Meinung von HEINSIUS, daß die Unterscheidung einzelner Formen der Farbensinnstörung mit Hilfe der Tafeln allein nicht möglich ist, muß auch ich mich nach meinen Untersuchungen anschließen. Im Gegensatz zu I. SCHMIDT und WATANABE konnte ich charakteristische Fehler, welche eine einigermaßen zuverlässige Unterscheidung der einzelnen Formen von Farbenblindheit ermöglichen, nicht feststellen, wenn auch manche Fehler gewisse Schlüsse auf die Art der Farbensinnstörung gestatten.

Hinsichtlich der Unterscheidung zwischen anomalen Trichromaten und Dichromaten geben die Tafeln keine absolut sicheren Anhaltspunkte (SAMAJLOW, FREY), was sich auch bei meinen Untersuchungen bestätigte. ISHIHARA selbst äußerte sich gelegentlich, er habe nicht beabsichtigt, daß seine Tafeln zu einer Differentialdiagnose herangezogen werden, sie seien nur zur Aufdeckung von rot-Grünstörungen konstruiert.

Die ISHIHARA-Tafeln werden im allgemeinen bei "Tageslicht" angeboten (bei künstlichem Licht ist nicht zu empfehlen, da besonders die Deuteranomalen leichter durchschlüpfen (H. WATANABE)). Der Farbenuntüchtige macht bei Kunstlicht 10 % weniger Fehler als bei Tageslicht (HEINSIUS). Bei künstlicher Beleuchtung sind die An-

gaben der Tabellen von ISHIHARA ganz unsicher (KISSIN und EIDELMANN). Da bei "Tageslicht" Standardbedingungen fehlen, interessiert uns die Frage, ob sich dieselben Tafeln auch dann verwenden lassen, wenn man sie farbig fotografiert und die so gewonnenen Farbdias an die Wand projiziert.

Ähnliche Versuche wurden schon von COUTELA und H. SICARD 1931 unternommen, die ein sogenanntes OPTOCHROMOSKOP konstruierten. Der Apparat dient zur Bestimmung der Sehschärfe und zur Prüfung des Farbensinns. Verwandt werden die MONOYER'schen Zeichen. Der Apparat besteht im wesentlichen aus einem Kasten, einer Klaviatur mit 15 Tasten und einer Verbindungsschnur zwischen Klaviatur und Kasten. Durch Druck auf die Tasten erscheint entweder eine Anzahl von Schriftzeichen oder ein gefärbtes Glas in den beiden rechtwinkligen bzw. dazwischenliegenden runden Fenstern. Die Proben werden mit 30 Lux elektrisch beleuchtet. Der Apparat kann im Dunkeln und Hellen gebraucht werden. M. RENÉ ONFRAY schlägt vor, die STILLING'schen oder ISHIHARA-Proben zur Prüfung des Farbensinns anzubringen. Ob dieser Vorschlag praktische Anwendung gefunden hat, ist in der Literatur nicht bekannt. Weiter stellte E. SACHS 1942 fest, daß die Massenprüfung des Farbensehens nach BERENS und STEIN (Projektion von Kodachromdiapositiven d. ISHIHARA oder STILLING'schen Tafeln) zuverlässige Ergebnisse gibt:

1. wenn zur Projektion rein weißes Licht verwendet wird
2. wenn der Raum mit Sonnenlicht erleuchtet ist und hell genug ist, um Helladaptation zu gewährleisten und wenn ein "Tageslichtschirm" benutzt wird,
3. wenn die untersuchte Gruppe klein ist, damit niemand zu weit oder zu nahe am Schirm steht,
4. wenn die Vergrößerung des Projektionsbildes dem Quotienten aus der Entfernung Beobachter bis Schirm dividiert durch 30 in Zoll (vorgeschriebene Entfernung für Farbtafeln bei Einzeluntersuchungen) entspricht.

Bei der Projektion ist dann eine gewisse Standardisierung der Tests dadurch erreicht, daß 1. die Beobachtungszeit, von null bis unendlich abstufbar, festgesetzt ist. Dies ist wichtig, da nach den Untersuchungen von GRÜTZNER, JAEGER und OSLER bei Protanomalien und Deutanomalien die Erkennungsmöglichkeiten und Unterscheidungsmöglichkeiten, neben anderen erschwerenden Umständen,

wie herabgesetzte Beleuchtungsstärke, bei herabgesetzter Beobachtungszeit sehr viel schlechter werden. 2. kann die Beleuchtungsstärke bzw. Farbtemperatur festgelegt werden und der Test kann durch Einführung einer bestimmten Deckenbeleuchtung (Tagesleuchtstoffröhren) weitgehend vom Tageslicht unabhängig durchgeführt werden. 3. kann die Art der Projektionsfläche, auf die projiziert werden soll, festgelegt werden.

Ein Nachteil der Projektion gegenüber der üblichen Anwendung der ISHIIHAKA-Tafeln liegt in der einfacheren Handhabung der letzteren. Sie sind in jedem Raum, der ein Fenster besitzt, (Untersuchungsbedingung laut Anweisung ist die Betrachtung aus der Entfernung 1 m) benützbar. Demgegenüber ist die Aufstellung des erwähnten Projektors kostspieliger und mit dem mehr Aufwand verbunden. Der Raum, in dem der Projektor aufgestellt werden soll, muß eine bestimmte Größe haben, d.h. die Entfernung Projektor - Projektionsfläche ist vorgeschrieben, da sonst die projizierten Zahlen entweder zu groß oder zu klein ausfallen. Einen weiteren Nachteil bedeutet die Unmöglichkeit, Tafeln zu projizieren, bei denen der Prüfling bestimmte Linien nachzeichnen muß. Gerade diese Tafeln sind bei Farbuntüchtigkeit sehr wichtig, da die Fehler, die hier gemacht werden, sehr charakteristisch sind. Irrtümer in der Beurteilung, wie sie durch Haten oder Simulation entstehen können, sind bei diesen Tafeln besser zu vermeiden.

Untersuchungsmethode

Bei den ISHIHARA-Tafeln (Ausgabe 1962) handelt es sich um 17 Tafeln mit Zahlen und zwar 1 Demonstrationstafel (1. Tafel), 6 Tafeln mit Vexierzahlen, 6 einfachen pseudoisochromatischen Tafeln, 2 Tafeln, auf denen die Mehrzahl der Normalsehenden und der total Farbenblinden keine Zahl erkennen kann, 2 differentialdiagnostischen Tafeln (hellrote Zahlen für den Deuterogestörten gut erkennbar, purpurne Zahlen für den Protogestörten besser erkennbar), sowie 8 Tafeln verschiedener Art mit Schlangenlinien zum Nachfahren.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden mit einem Projektor (Leitz Pradowit v. Typ 31058500) die oben beschriebenen Tafeln in Form von Dias an die Wand projiziert. Der Projektor ist mit einer nach den neuesten lichttechnischen Gesichtspunkten entwickelten helligkeitskonstanten Halogenlampe 24 V, 150 W ausgestattet, die bis zum Ende der Gebrauchszeit praktisch immer gleich hell brennt. Die Tafelserie wurde dabei etwas geändert. Die Tafeln mit den Schlangenlinien mußten begreiflicherweise durch Zahlen-Tafeln ersetzt werden. Um den Vergleich zwischen den beiden Untersuchungsmethoden zu erleichtern und übersichtlicher zu gestalten, wurde die Bezeichnung der üblichen ISHIHARA-Tafeln für die Dias übernommen.

Aus einer Zahl von 100 Studenten wurden mit Hilfe der ISHIHARA-Tafeln 11 Studenten mit defektem Farbensinn herausgefunden. Zunächst wurde bei jeder Versuchsperson der Typ des Defekts am Anomaloskop genau festgestellt. Dann wurden die Versuchspersonen aufgefordert, die üblichen ISHIHARA-Tafeln zu lesen und anschließend die projizierten Dias (1. Projektion auf eine graue Fläche, 2. Projektion auf eine gelbgetönte Wand in der Entfernung von 6 m). Zum Vergleich wurden 10 Farbentüchtigte am Projektor und den ISHIHARA-Tafeln geprüft, deren normaler Farbensinn vorher ebenfalls am Anomaloskop kontrolliert wurde. Die Beobachtungszeit wurde auf 5 sec. festgelegt.

Die Beleuchtungsstärke, gemessen an den 4 Ecken der Projektionsfläche, die nicht von den Dias eingenommen werden, schwankt zwischen 450 und 600 Lux. Bei den projizierten Proben, gemessen an

den 4 Ecken von außen nach innen, schwankt die Beleuchtungsstärke zwischen 270 und 330 Lux. Bei den beiden letzteren Angaben wurden die Mittelwerte genommen, da die Beleuchtungsstärke am Rand der projizierten Probe anders ist als in der Mitte.

UntersuchungsergebnisseName: O.G.Sehleistung: 5/5

Anomaloskopbefund: Die Mittelnormgleichung 4I/I5 wurde oben als rot, unten als grün bezeichnet. Die abs. Einstellungsbreite betrug 2I/I5 bis 22/I5 entsprechend einem AQ von 3,2 - 3,0, die rel. Einstellungsbreite I9/I5 bis 26/I5 entspr. einem AQ von 3,6 - 2,3. Die Rot- u. Grün/gelb- Gleichung wurde nicht angenommen.

Diagnose: mäßige Deuteranomalie

Untersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIHARA	I.Proj.	2. Proj.
richtige Zahl gelesen	I;I6;I7;	I;2;3;4;5;I6;I7;	I;2;3;4;5;6;I6;I7
Verwechslungszahl gelesen	2;3;4;5;6;7;	6;7;Io;II;I2;I3;	7;8;9;Io;II;I2;I3
keine Zahl gelesen	8;9;I0;II;I2;I3;	8;9;	-----
Tafel I4u.I5	T.I4: 5 statt x T.I5: 45 " x	T.I4: 26 statt x T.I5: 45 " x	T.I4: 26 statt x T.I5: 45 " x
Differentialdiagnost.Tafeln I6 u. I7	beide Tafeln richtig. I.Z. besser erkennb.	beide Tafeln richtig. I.Z. besser erkennbar	beide Tafeln richtig. I.Z. besser erkennbar

Beurteilung:

Auf Grund der Untersuchung am Anomaloskop handelt es sich um eine mäßige Deuteranomalie. Die Fehler, die G. beim Lesen der gebräuchlichen ISHIHARA-Tafeln machte, sprechen eher für eine schwerere Form der Deuteranomalie. Die Ergebnisse der beiden Projektionsmethoden decken sich nur bei den differentialdiagnostischen Tafeln mit denen der gebr. ISHIHARA-Tafeln. Es wurden wesentlich weniger Fehler gemacht, wobei die Fehler der I.Projektionsmethode denen bei den üblichen ISHIHARA-Tafeln am nächsten kommen.

II.)

Name: W.N.

Schleistung: 4/5 li -0,50-I zyl.20° Achse; re -0,50 -I,5 zyl. 170° Achse

Anomaloskopbefund: Die Mittelnormgleichung 43/15 wurde oben als rot, unten als grün bezeichnet. Die rel. Einstellungsbreite betrug 21/15 bis 22/15 entsprechend einem AQ von 3,2 - 3,0. Die Rot- und Grün/gelb- Gleichung wurde nicht angenommen.

Diagnose: mäßige Deuteranomalie

Untersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIHARA	I. Proj.	2. Proj.
richtige Zahl gelesen	I;6;I2;I7;	I;2;I6;I7;	I;2;6;I6;I7;
Verwechslungszahl gelesen	2;3;7;	3;6;7;9;I2;I3;	3;7;9;I2;I3;
keine Zahl gelesen	4;5;8;9;Io;II;I3;	4;5;8;Io;II;	4;5;8;Io; II;
Tafel I4u.I5	T.I4: 5 statt x T.I5: 45 " x	T.I4: x T.I5: 45 statt x	T.I4: x T.I5: 45 statt x
Differential-diagn.Tafeln I6 u. I7	T.I6: 21 statt 26 T.I7: richtig, I.Z. besser erkennbar	beide Tafeln richtig. I.Zahl besser erkennbar	beide Tafeln richtig. I.Zahl besser erkennbar

Beurteilung:

Auffällig ist in diesem Fall, daß die Versuchsperson bei allen drei Methoden auf den Tafeln 4 und 5 überhaupt keine Zahl erkannte, die sonst von Deuteranomalien falsch gelesen werden. Die Ergebnisse der beiden Projektionsmethoden unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Auf Tafel I4 (Tafel, auf der der Normalsehende keine Zahl erkennen kann) wurde bei der Projektion keine Zahl erkannt, bei den ISHIHARA- Tafeln in typischer Weise die Zahl 5.

Name: R.L.

Schleistung: 4/5

Anomaloskopbefund: Die Mittelnormgleichung 4I/I5 wurde oben als rot, unten als grün bezeichnet. Die abs. Einstellungsbreite betrug I5/I5 bis 23/I5 entsprechend einem AQ von 5 - 2,8, die rel. Einstellungsbreite II/I5 bis 24/I5 entspr. einem AQ von 9 - 4,5. Die Rot- u. Grün/gelb-Gleichung wurde nicht angenommen

Diagnose: starke Deuteranomalie

Untersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIHARA	I.Proj.	2. Proj.
richtige Zahl gelesen	I;	I;2;	I;2;5;I6;
Verwechslungs- zahl gelesen	2;3;4;5;6;7;	3;5;6;7;I3;	3;6;7;
keine Zahl gelesen	8;9;Io;II;I2;I3;	4;8;9;Io;II;I2;	4;8;9;Io;II;I2;I3
Tafel I4u.I5	T.I4: 5 statt x T.I5: 45 " x	T.I4: x T.I5: 5 statt x	T.I4: x T.I5: 45 statt x
Differential- diagn. Tafeln I6 u. I7	T.I6: nur I.Zahl T.I7: "	bei beiden Tafeln nur die I. Zahl	T.I6: richtig T.I7: nur die I. :

Beurteilung:

Auch ohne Anomaloskopbefund würde man in diesem Fall die Diagnose einer starken Deuteranomalie auf Grund der Untersuchung mit den Tafeln stellen können. Die Ergebnisse der I. Projektionsmethode stimmt weitgehend mit denen der üblichen Tafeln überein, während die Fehler bei der 2.Projektionsmethode nicht so charakteristisch sind. Auch in diesem Fall ist auffällig, daß die Versuchsperson auf der Tafel I4 nur bei den gebräuchlichen Tafeln die Zahl 5 erkannte.

Name: E.R.

Schleistung: 5/5 mit li + 3,0, re + 0,5 dptr

Anomaloskopbefund: Die Mittelnormgleichung 4I/I5 wurde oben als rot, unten als grün bezeichnet. Die abs. Einstellungsbreite betrug 22/I4 bis 23/I4 entsprechend einem AQ von 3,0 - 2,8, die rel. Einstellungsbreite 22/I4 bis 17/I4 entspr. einem AQ von 4,2 - 3,0. Die Rot- u. Grün/gelb- Gleichung wurde nicht angenommen.

Diagnose: mäßige Deuteranomalie

Untersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIHARA	I.Proj.	2. Proj.
richtige Zahl gelesen	I;2;3;8;9;Io;II; I2;I6;I7;	I;2;3;4;5;6;Io; I2;I6;I7;	I;2;3;4;5;6;7;9; Io;II;I2;I3;
Verwechslungs- zahl gelesen	4;5;6;7;I3;	7;9;I3;	-----
keine Zahl gelesen	-----	8;	8;
Tafel I4 u. I5	T.I4: 5 statt x T.I5: 45 " x	bei beiden Tafeln keine Zahl gelesen.	bei beiden Tafeln keine Zahl gelesen
Differential- diagn. Tafeln I6 u. I7	beide Tafeln rich- tig. I. Zahl bes- ser erkennbar	beide Taf. richtig. I. Zahl besser er- kennbar	beide Taf. richtig. I. Zahl besser er- kennbar

Beurteilung:

Die am Anomaloskop diagnostizierte mäßige Deuteranomalie läßt sich weder durch die Untersuchung an den ISHIHARA- Tafeln, noch mit den beiden Projektionsmethoden präzise feststellen. Es wurden verhältnismäßig viele Tafeln richtig gelesen. Nur die bei allen drei Methoden übereinstimmenden Angaben bei den differentialdiagnostischen Tafeln lassen auf eine Deuterostörung schließen. Bei der Untersuchung mit den üblichen ISHIHARA- Tafeln wurden aber bei Tafel I4 und I5 die charakteristischen Fehler gemacht, während bei beiden Projektionsmethoden keine Zahl erkannt wurde. Die Angaben bei der I. Projektionsmethode zeigen eher eine Übereinstimmung mit denen der gebr. Tafeln, während bei der 2. Projektionsmethode weniger Fehler gemacht wurden als auf Grund der am Anomaloskop gefundenen Ergebnisse zu erwarten wären.

Name: P.R.

Sehleistung: 5/5

Anomaloskopbefund: Die Mittelnormgleichung 4I/I5 wurde oben als rot, unten als grün bezeichnet! Die abs. Einstellungsbreite betrug I9/I5 bis 24/I5 entsprechend einem AQ von 3,6 - 2,6, die rel. Einstellungsbreite I7/I5 bis 24/I5 entspr. einem AQ von 4,4 - 2,6. Die Rot- und Grün/gelb-Gleichung wurde nicht angenommen.

Diagnose: starke Deuteranomalie

Untersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIHARA	I.Proj.	2. Proj.
richtige Zahl gelesen	I;	I;I6;	I;I2;I6;
Verwechslungszahl gelesen	2;3;4;5;6;7;	2;3;4;5;6;7;II;I2;	2;3;4;5;6;7;II;I3;
keine Zahl gelesen	8;9;Io;II;I2;I3;	8;9;Io;I3;	8;9;Io;
Tafel I4 u. I5	T.I4: 5 statt x T.I5: 45 " x	T.I4: x T.I5: 45 statt x	T.I4: x T.I5: I5 statt x
Differential-diagn. Tafeln I6 u. I7	bei beiden Taf. nur die I. Zahl gelesen	T.I6: richtig T.I7: nur die I. Zahl gelesen	T.I6: richtig T.I7: nur die I. Zahl gelesen

Beurteilung:

Die am Anomaloskop festgestellte schwere Deuteranomalie ließ sich auch mit den üblichen ISHIHARA- Tafeln sicher nachweisen. Die Ergebnisse bei den beiden Projektionen sprechen zwar auch für eine starke Deuteranomalie, aber die Angaben bei den differentialdiagnostischen Tafeln sind nicht so eindeutig. Beide Projektionsmethoden weisen nur geringe Unterschiede auf.

Name: E. Moussa

Sehleistung: 5/5 mit re - 0,5 dptr

Anomaloskopbefund: Bei einer Mittelnormgleichung 4I/i5 erfolgte seine Einstellung im Bereich 4I - 46/I5. Bei der Rot/gelb- Gleichung stellte er 73/I4 bis 73/I6, bei der Grün/gelb- Gleichung o/I4 bis o/I6 ein.

Diagnose: Deuteranopie

Untersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIHARA	I.Froj.	2. Froj.
richtige Zahl gelesen	I;	I;3;	I;3;
Verwechslungs- zahl gelesen	2;3;4;5;6;7;	2;4;5;6;7;	2;4;5;6;7;
keine Zahl gelesen	8;9;Io;II;I2;I3;	8;9;Io;II;I2;I3;	8;9;Io;II;I2;I3;
Tafel I4 u. I5	T.I4: 5 statt x T.I5: 45 " x	T.I4: x T.I5: 45 statt x	T.I4: x T.I5: 45 statt x
Differential- diagn. Tafeln I6 u. I7	bei beiden Taf. nur die I. Zahl gelesen	bei beiden Taf. nur die I. Zahl gelesen	T.I6: richtig T.I7: nur die I. Z. gelesen

Beurteilung:

Die am Anomaloskop festgestellte Deuteranopie wurde nur den ^{mit} gebr. ISHIHARA-Tafeln in gleicher Eindeutigkeit bestätigt. Bei den projizierten Dias wurde außer der I. Tafel eine weitere Tafel richtig gelesen, außerdem wurden mit der 2. Methode bei den differentialdiagnostischen Tafeln nicht die typischen Fehler gemacht.

Name: J.G.

Schleistung: 5/5 mit li - 4,0; re -4,0 dptr

Anomaloskopbefund: Bei einer Mittelnormgleichung 43/I5 erfolgte seine Einstellung von 43 bis 47/I5. Die abs. Einstellungsbreite bei der Rot/gelb- Gleichung betrug 73/I2 - 73/I6, die rel. Einstellungsbreite 73/I2 - 73/I8. Die abs. Einstellungsbreite bei der Grün/gelb- Gleichung betrug 0/I4 - 0/I9, die relative E. 0/II - 0/I9.

Diagnose: Deuteranopie

Untersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIHARA	I.Proj.	2. Proj.
richtige Zahl gelesen	I;2;6;	I;	I;
Verwechslungszahl gelesen	3;7;	-----	-----
keine Zahl gelesen	4;5;8;9;10;11;12;13;	2 -13;	2 - 13;
Tafel I4 u.I5	bei beiden Tafeln keine Zahl gelesen	bei beiden Taf. keine Z. gelesen	bei beiden Taf. keine Z. gelesen
Differential-diagn. Tafeln I6 u. I7	bei beiden Tafeln keine Zahl gelesen	bei beiden Taf. keine Z. gelesen	bei beiden Taf. keine Z. gelesen

Beurteilung:

Die Untersuchung mit den ISHIHARA- Tafeln lassen nur auf eine starke Farbensinnstörung schließen. Da die differentialdiagnostischen Tafeln überhaupt nicht gelesen wurden, ist die Störung weder nach der protanopen noch nach der deuteranopen Seite hin zu differenzieren. Bei den Projektionen sind die Ergebnisse völlig übereinstimmend und sprechen für eine totale Farbenblindheit.

Name: A.G.Sehleistung: 5/5

Anomaloskopbefund: Bei der Mittelnormgleichung 4I/I5 erfolgte seine Einstellung von 4I bis 43/I5. Die abs. Einstellungsbreite bei der Rot/gelb- Gleichung betrug 73/I4 - 73/I6, die rel. E. 73/I2 - 73/I8. Die abs. Einstellungsbreite bei der Grün/gelb- Gleichung betrug 0/I4 - 0/I5, die rel.E. 0/I3-0/I8.

Diagnose: DeuteranopieUntersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIHARA	I.Proj.	2. Proj.
richtige Zahl gelesen	I;I6;I7;	I;I6;	I;4;I2;I6;
Verwechslungszahl gelesen	2;3;4;5;6;7;	3;4;5;6;7;	2;3;5;6;7;
keine Zahl gelesen	8 -I3	2; 8 -I3;	8 -II; I3;
Tafeln I4 u.I5	T.I4: II statt x T.I5: 45 " x	T.I4: x T.I5: 45 statt x	T.I4: x T.I5: 45 statt x
Differential-diagn. Tafeln I6 u. I7	beide Taf. richtig I. Zahl besser erkennbar	T.I6: richtig T.I7: nur I. Z. gelesen	T.I6: richtig T.I7: nur I. Z. gelesen

Beurteilung:

Im Gegensatz zu der am Anomaloskop festgestellten Deuteranopie sprechen die Untersuchungsergebnisse der üblichen ISHIHARA- Tafeln und der projizierten Dias nur für eine stärkere Deuteranomalie. Die Ergebnisse mit den beiden Projektionsmethoden sind insofern eindeutiger, als bei Tafel I7 nur die vordere Zahl gelesen wurde.

B.)

Name: T.F.

Schleistung: 5/5 mit 11 - I,5; re - I,5 dptr

Anomaloskopbefund: Die Mittelnormgleichung 4I / I5 wurde oben als grün, unten als orange bezeichnet. Die abs. Einstellungsbreite betrug 62/5 bis 65/6 entspr. einem AQ von 0,22- 0,15, die rel. Einstellungsbreite 59/5 bis 63/7 entspr. einem AQ von 0,3 - 0,2. Die Rot - und Grün/gelb-Gleichung wurde nicht angenommen.

Diagnose: starke Protanomalie

Untersuchungen an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIARA	I.Proj.	2.Proj.
richtige Zahl gelesen	I;2;	I;2;3;6;	I;3;
Verwechslungszahl gelesen	3;4;5;6;7;	5;7;	7;
keine Zahl gelesen	8;9;10;11;12;13;	4;8;9;10;11;12;13;	2;4;5;6;8;9;10;11;12;13;
Tafeln I4 u. I5	T.I4: 5 statt x T.I5: 45 statt x	T.I4: x T.I5: x	T.I4: x T.I5: x
Differentialdiagn. Tafeln I6 u. I7	T.I6: 20 statt 26 T.I7: 47 statt 42	T.I6: 28 statt 26 T.I7: nur die I. Z. gelesen	T.I6: richtig T.I7: nur die I. Z. gelesen

Beurteilung:

Die Untersuchung am Anomaloskop ergab eine starke Protanomalie. Die Ergebnisse mit den beiden Projektionen und den ISHIHARA - Tafeln zeigen nur geringe Unterschiede. Bei den differentialdiagnostischen Tafeln wurde in allen drei Untersuchungen die für einen Deutero- Defekt charakteristischen Fehler gemacht. Nur die Tatsache, daß F. bei Tafel I8 der gebräuchlichen Tafeln der purpurroten Linie folgte, ließ auf einen Deutero-Defekt schließen.

Name: I.S.

Sehleistung: 5/5 mit li - I,75 zyl. und re - I,75 zyl. Achse 5°

Anomaloskopbefund: Die Mittelnormgleichung 47/I5 wurde oben als grün, unten als orange bezeichnet. Die abs. Einstellungsbreite betrug 6I/6 bis 62/7, entsprechend einem AQ von 0,25 - 0,23, die rel. Einstellungsbreite 6I/6 bis 64/7 entsprechend einem AQ von 0,25 - 0,2. Die Rot- und Grün/gelb- Gleichung wurde nicht angenommen.

Diagnose: mäßige Protanomalie

Untersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIHARA	I.Proj.	2.Proj.
richtige Zahl gelesen	I;2;Io;I2;	I;2;3;5;6;9;Io;I2;	I;2;3;4;5;6;9; Io;II;I2;
Verwechslungs- zahl gelesen	3;4;5;6;7;II;	4;7;8;II;I3;	7;
keine Zahl gelesen	8;9;I3;	-----	8;I3;
Tafel I4 u. I5	T.I4: 5 statt x T.I5: 45 " x	T.I4: x T.I5: I5 statt x	T.I4: x T.I5: I5 statt x
Differential- diagnost. Tafeln I6 und I7	beide Tafeln richtig gelesen	beide Tafeln richtig gelesen	beide Tafeln richtig gelesen

Beurteilung:

Die Diagnose mäßige Protanomalie konnte auch hier mit Sicherheit nur am Anomaloskop gestellt werden. Auf Grund der gemachten Fehler ließ sich mit allen drei Methoden nur eine Farbensinnstörung feststellen, ohne differentialdiagnostische Aussage. Es wurden nämlich sowohl bei den ISHIHARA- Tafeln als auch bei den projizierten Dias keine entsprechenden Fehler gemacht. Bei den beiden Projektionsmethoden wurden besonders bei der 2. Methode erheblich weniger Fehler gemacht als bei den üblichen Tafeln. Hier versagte auch die Tafel I8, bei der die Schlangenlinie richtig nachgefahren wurde.

Name: W.T.

Schleistung: 5/5

Anomaloskopbefund: Bei der Mittelnormgleichung 4I/I5 erfolgte seine Einstellung 38/ I5 bis 42/I5. Die abs. Einstellungsbreite bei der Rot/gelb-Gleichung betrug 73/2 - 73/3, die rel. Einstellungsbreite 73/2 - 73/5. Die abs. Einstellungsbreite bei der Grün/gelb - Gleichung betrug 0/26 - 0/35, die rel. Einstellungsbreite 0/I6 - 0/45.

Diagnose: Protanopie

Untersuchung an den Tafeln:

Zahlen gelesen	ISHIARA	I.Proj.	2.Proj.
richtige Zahl gelesen	I;Io;	I;5;6;	I;6;Io;
Verwechslungszahl gelesen	2;3;7;II;	2;3;4;7;II;	2;3;7;II;
keine Zahl gelesen	4;5;6;8;9;I2;I3;	8;9;Io;I2;I3;	4;5;8;9;I2;I3;
Tafel I4 u. I5	T.I4: 5 statt x T.I5: 45 statt x	T.I4: x T.I5: 45 statt x	T.I4: x T.I5: 45 statt x
Differential-diagn. Tafeln I6 und I7	keine der beiden Tafeln gelesen	keine der beiden Tafeln gelesen	keine der beiden Tafeln gelesen

Beurteilung:

Auch hier konnte die Differentialdiagnose nur am Anomaloskop gestellt werden. In diesem Fall stimmen die gemachten Fehler bei der I. Projektion eher mit denen der ISHIARA - Tafeln überein. Auf den differentialdiagnostischen Tafeln wurden mit allen drei Methoden keine Zahl erkannt. Nur die Tatsache, daß bei Tafel I8 der üblichen Tafeln die purpurne Linie nachgezeichnet wurde, ließ auf eine Protostörung schließen.

Ergebnis: alle Tafeln fehlerfrei gelesen

Ergebnis: alle Tafeln fehlerfrei gelesen

Ergebnis: alle Tafeln fehlerfrei gelesen

Ergebnis: alle Tafeln fehlerfrei gelesen

Ergebnis: alle Tafeln fehlerfrei gelesen

6.) M.L.

Untersuchung am Anomaloskop:

kaleigh-Gl: li 41-43; re 15; abs. Einstellungsbreite 2; Aq=0,94-1,1;
 li 41-44; re 15; rel. " 3; Aq=1-0,84;

Untersuchung am Projektor und ISHIIHARA-Tafeln:

Ergebnis: alle Tafeln fehlerfrei gelesen

7.) P.S.

Untersuchung am Anomaloskop:

kaleigh-Gl: li 40-42; re 15; abs. Einstellungsbreite 2; Aq=0,94-1,1;
 li 37-44; re 15; rel. " 7; Aq=1,25-0,84;

Untersuchung am Projektor und ISHIIHARA-Tafeln:

Ergebnis: las bei Tafel 9 zuerst die Zahl 14 statt 74; bei Tafel 17
 las er 75 statt 15; verbesserte sich aber dann richtig.
 Die ISHIIHARA-Tafeln las er fehlerfrei

8.) B.L.

Untersuchung am Anomaloskop:

kaleigh-Gl: li 42-44; re 15; abs. Einstellungsbreite 2; Aq=0,94-0,84;
 li 38-45; re 15; rel. " 7; Aq=1,15-0,8;

Untersuchung am Projektor und ISHIIHARA-Tafeln:

Ergebnis: alle Tafeln fehlerfrei gelesen

9.) P.F.

Untersuchung am Anomaloskop:

kaleigh-Gl: li 43-44; re 15; abs. Einstellungsbreite 1; Aq=0,9-0,84;
 li 40-45; re 15; rel. " 5; Aq=1,05-0,8;

Untersuchung am Projektor und ISHIIHARA-Tafeln:

Ergebnis: alle Tafeln fehlerfrei gelesen

10.) K.G.

Untersuchung am Anomaloskop:

kaleigh-Gl: li 43-44; re 14; abs. Einstellungsbreite 1; Aq=0,9-8,4;
 li 43-45; re 14; rel. " 2; Aq=0,9-0,8;

Untersuchung am Projektor und ISHIIHARA-Tafeln:

Ergebnis: alle Tafeln fehlerfrei gelesen

Die Sehleistung betrug bei allen 10 untersuchten Personen 5/5

Tabelle 1: Die bei den drei Untersuchungsmethoden am häufigsten
gemachten Fehler.

d.T.		Normal			anomaler Trichromat			Dichromat					
		ISHIHARA		1. Proj.		2. Proj.		ISHIHARA		1.Proj.		2.Proj.	
1	12	12		12		12		12		12		12	
2	8	3		8 o. 3		8 o. 3		3		3 o. x		3 o. x	
3	29	70		29;70;79;10;		29;70;79;		70		29;10;70;29;10;70;		o. x o. x	
4	5	2		2 o. x		2 o. x		2,meist. x		2;7;8; o.x		2 o. x	
5	3	5		3;5 o. x		3 o. x		5 o. x		5 o. x		5 o. x	
6	15	17		15 o.17		meist 15 seltener 17		17 o.x		15;17 o. x		15;17 o.x	
7	74	21		21 o.24		21		21		21 o.x		21 o.x	
8	6	x		x o.13		6 o.x		x		x		x	
9	45	x		14;5;45 o.x		13;15 o.x oft richtig		x		x		x	
10	5	5 o.x		5;9; o.x		7 o.x		5; meist x		x		5 meist x	
11	7	1;7; meist x		9;6;1;7; o.x		9;6;7; o.x		x		1; meist x		1;meist x	
12	16	16; meist x		19;10;16; selten x		19;1;16; selten x		x		x		x	
13	73	73; meist x		13;15;35; 18 o.x		13;15;73 o.x		x		x		x	
14	x	5		x		x		5		x		x	
15	x	45		45;5;15; o.x		15;45; o.x		45		45 o.x		meist x o.45	
		Prot.	Deut.	Prot.	Deut.	Prot.	Deut.	Prot.	Deut.	Prot.	Deut.	Prot.	Deut.
16	26	20 o. rich.	21;2; o.ri.	28 o. rich.	2 o. rich.	rich.	rich. o.2	x	1.Z. o.x	x	1.Z. o.x	x	1.Z. o.x
17	42	1.Z. o.ri.	1.Z. o.ri.	1.Z. o.ri.	1.Z. o.ri.	1.Z. o.ri.	1.Z. o.ri.	x	1.Z. ri. o.x	x	1.Z. ri. o.x	x	1.Z. ri. o.x

Anmerkung: x = keine Zahl

Z. = Zahl

ri. = richtig

o. = oder

Tabelle 2 : Vergleich der am Anomaloskop gestellten Diagnose mit den Ergebnissen der Untersuchung durch die ISHIHARA - Tafeln

Anomaloskop	AQ	ISHIHARA Tafel I6 u. I7	I. Proj. Tafel I6 u. I7	2.Proj. Tafel I6 u. I7
Deuteranomalie	3,6	Deutan	Deutan	Deutan
Deuteranomalie	3,2	x	Deutan	Deutan
Deuteranomalie	9	Deutan	Deutan	Deutan
Deuteranomalie	4,2	x	x	x
Deuteranomalie	4,4	Deutan	nicht ein- deutig	nicht ein- deutig
Deuteranopie	-	Deutan	Deutan	nicht ein- deutig
Deuteranopie	-	x	x	x
Deuteranopie	-	x	nicht ganz eindeutig	nicht ganz eindeutig
Protanomalie	0,3	Deutan	Deutan	x
Protanomalie	0,25	x	x	x
Protanopie	-	x	x	x

Deutan = Deuteranomalie und Deuteranopie

x = Diagnose nicht möglich

Tabelle 2, verglichen mit der Tabelle in FREY'S Arbeit: " Welche pseudoisochromatischen Tafeln sind am besten für die Praxis geeignet?" zeigt ähnliche Ergebnisse. Bei FREY war eine Diagnose in 3 Protanopen Fällen nicht möglich, bei 6 Deuteranopen Fällen nur dreimal, bei 2 Protanomalen Fällen von im ganzen 9 wiesen die Ergebnisse der ISHIHARA - Tafeln auf einen Deutero-Defekt hin, fünfmal war sie überhaupt nicht möglich. Von 20 deuteranomalen Versuchspersonen konnte er ebenfalls 13 nicht in eine Kategorie einordnen. Betrachten wir obige Tabelle, so stellen wir fest, daß die Ergebnisse hier ähnlich sind, wenn man die geringere Anzahl von untersuchten Personen berücksichtigt.

Zusammenfassung

Vergleicht man die einzelnen Untersuchungsmethoden miteinander, so ergibt sich eindeutig, daß die Projektion farbig photographierter Dias gegenüber der unmittelbaren Betrachtung der ISHIIHAKA-Tafeln keine Vorteile bringt. Nur in einem Fall stimmen die Ergebnisse mit der Projektionsmethode besser mit den Ergebnissen der Anomaloskopuntersuchung überein als die mit den gebräuchlichen ISHIIHAKA-Tafeln. Die Projektionsmethode ist sogar weniger zuverlässig als die Betrachtung der gebräuchlichen ISHIIHAKA-Tafeln, wobei die erste Methode (Projektion auf eine silbergraue Fläche) noch die besseren Ergebnisse liefert. Auffällig ist, daß auf Tafel 14 (Tafel, auf der die Mehrzahl keine Zahl erkennt) bei der Untersuchung mit den üblichen Tafeln in typischer Weise die Zahl 5 gelesen, bei beiden Projektionsmethoden aber in fast allen Fällen keine Zahl erkannt wurde. Dagegen wurden bei Tafel 15 (auch hier erkennt der Normalsichtige keine Zahl) immer die gleichen Fehler gemacht wie bei den ISHIIHAKA-Tafeln. Eine genaue Trennung zwischen anomalen Trichromaten und Dichromaten läßt sich weder mit den üblichen Tafeln noch mit der Projektion machen. Sie ist nur am Anomaloskop möglich. Bei den Untersuchungsergebnissen fällt weiterhin auf, daß bei den Farbensinnstörungen im Sinn einer Protanopie bez. einer Protanomalie alle drei Methoden differentialdiagnostisch versagten. Nur bei Tafel 18 mit der roten und purpurnen Schlangenlinie (die bei den Projekten fehlt) folgte die Versuchsperson in typischer Weise der purpurnen Linie. Die Ergebnisse bei Tafel 18 waren übrigens praktisch in allen Fällen eindeutig für den betreffenden Defekt. Auf den Nachteil, daß diese Tafel in der Projektionsmethode nicht verwendet werden kann, wurde bereits hingewiesen.

Die Untersuchung am Anomaloskop, die allein eine genauere Differenzierung der einzelnen Farbensinnstörungen ermöglicht, ist verhältnismäßig zeitraubend und kompliziert. Auf der Suche nach einer vereinfachten Methode demonstrierten K. SCHLÄFER und J. JAEGER auf der Tagung der ophtalmologischen Gesellschaft 1956 in Heidelberg ein Projektionsanomaloskop. Das Prinzip besteht darin, daß die Gleichungen, die die einzelnen Typen am Anomalos-

kop einstellen, an die Wand projiziert werden. Ob damit Erfahrungen vorliegen, ist aus der Literatur nicht zu ersehen. 1958 gab W.J.COPPOCK eine Anleitung zum Umbau eines Lichtbildprojektors in ein Farbmischgerät ohne großen technischen Aufwand an, worüber auch keine Erfahrungen vorliegen.

Literatur

1. VIERLING: Tafeln zur Prüfung des Farbensinnes nach Prof. Dr. ISHIHARA, Zeitschrift f. Bahnärzte Jg.22, Nr. 3 S. 58-60. 1927
2. MILES W.: One hundred cases of color-blindness detected with the ISHIHARA-test. J. gen. Psychol. 2, 535-543, 1929
3. COUTELA et. H. SICARD: Opto-chromoskope du Dr. H. SICARD. Bull. Soc. Ophtalm. Paris Nr. 5 242-244. 1930
4. JENNINGS, J. ELLIS: Evaluation of pseudo-isochromatic tests of color-blindness. Amer. J. Ophthalm. III s.14, 952-958, 1931
5. KONDO, TADAO: Über den diagnostischen Wert von ISHIHARA-tests for colour-blindness. Acta Soc. ophthalm. jap. 35, 1661-1667 und deutsch. Zusammenfassung 142-143. 1931
6. SAMAJLOV: A. und S. Kotljarevskaja: Anwendung d. ISHIHARA-Tabellen zur Diagnostik d. Anomalien d. Farbensehens. Sovet. Vestn. Oftalm 2, 242-246. 1933
7. KISSIN, P. u. B. EIDELMANN: die Tabellen von Stilling, Nagel u. Ishihara bei natürl. u. künstl. Beleuchtung. Sovet. Vestn. Oftalm. 4, 355-375). 1934
8. KISSIN/EIDELMANN: Die pseudoisochromatischen Tafeln von Stilling, Nagel und Ishihara bei Tageslicht und bei künstl. Beleuchtung. Albrecht v. Graefes Arch. Ophthal, 133, 298-320, 1935
9. ONFRAY, RENE ET PAUL J. PETIT: Chromatisme et securité. Les tables d'Ishihara. Annales d'Ocul. 172, 213-221. 1935
10. SCHMIDT, INGEBORG.: Untersuchungen über die Verwendbarkeit d. Ishiharatafeln zur Differentialdiagnose von Farbensinnstörungen. K. Monatbl. Augenheilk. 96, S. 289-306. 1936
11. WHITE S.: Tests for colour-blindness J. Aviat med. 7 S. 134-142. 1936

23. SUDA: Clinical studies on the various pseudoisochromatic plates. Acta. Soc. ophthal jap 64. 130-143 mit engl. Zusammenfassung.
24. H.A. OKONE: Quantitative diagnosis of defective color vision. A comparative evaluation of the Ishihara test, the Farnworth dichotomous test and the H-k-k polychromatic plates. Amer. J. Ophthal. 51. 298-305. 1961
25. E. HEINSIUS: Zur Farbensinnprüfung mit pseudoisochromatischen Tafeln bei Kunstlicht. Ärztl. Dienst 26, 81-82.1965
26. H. KALNUS: Diagnosis and Genetics of defektive colour vision Pergamon-Press London. 1965 S. 1-2
27. AKIO MAJIMA, SHINOBU AWAYA and SHOKO TANABE: Evaluation on Ishihara plates (numeral and windingline plates). H-k-k plates and TMC plates for screening test. Jap. J. Clin. Ophthal. 18, 493-496, mit englischer Zusammenfassung, 1964
28. JANUCHI SAWA: Note on the colour vision test with pseudoisochromatic test plates. Jap. J. Clin. Ophthal. 18, 1207-1211, mit engl. Zusammenfassung. 1964.

Lebenslauf

Am 12. Juni 1942 wurde ich als Sohn des Augenarztes Dr. med. Adolf Brohr und der Augenärztin Dr. med. Magdalene Brohr in München geboren. 1948 ließ sich mein Vater als Facharzt für Augenkrankheiten in Burghausen an der Salzach nieder. Dort wurde ich im September 1948 eingeschult. 1952 trat ich in das humanistische Gymnasium in Burghausen ein und bestand an der selben Schule im Juni 1962 die Reifeprüfung. Von Oktober 1962 bis Mai 1964 leistete ich meinen Wehrdienst ab und bekam im Sommer 1964 die Zulassung zum Studium an der Medizinischen Fakultät in Erlangen. Im Sommer 1966 legte ich an der selben Universität das Physikum ab und bestand hier am 11. 2. 1970 das Staatsexamen. Nach der Promotion und der Medizinalpraktikantenzeit will ich den Facharzt für Augenkrankheiten machen.



Buchdruckerei Ludwig Müller Erlangen Fahrstraße 5